



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-82333

(P2000-82333A)

(43)公開日 平成12年3月21日(2000.3.21)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト*(参考)
H 0 1 B 3/00		H 0 1 B 3/00	A
3/30		3/30	N
// C 0 8 K 3/00		C 0 8 K 3/00	
C 0 8 L 101/00		C 0 8 L 101/00	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平11-161668  
(22)出願日 平成11年6月8日(1999.6.8)  
(31)優先権主張番号 特願平10-195829  
(32)優先日 平成10年7月10日(1998.7.10)  
(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000006231  
株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号  
(72)発明者 長久保 博  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(72)発明者 越賀 到  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(72)発明者 伴野 国三郎  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

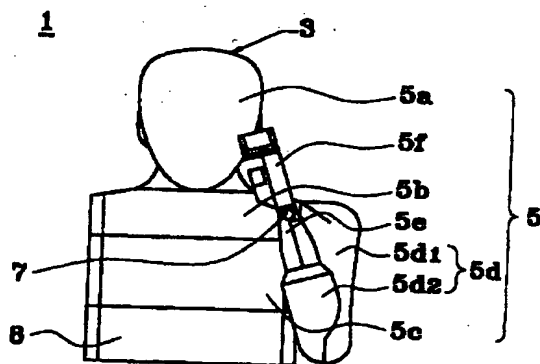
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 複合誘電体、およびそれを用いた固体生体ファントム、ならびに固体生体ファントムの製造方法。

(57)【要約】

【課題】 量産性が高く、短時間、低コストで固体生体ファントムの製造が可能であり、かつ電気的特性が均一に安定している複合誘電体を提供する。

【解決手段】 熱硬化性樹脂40～90vol%と、導電性粉末10～60vol%と(ただし、合計100vol%)を含有してなることを特徴とする。また、熱硬化性樹脂40～90vol%と、誘電体セラミック粉末50vol%以下(ただし、0vol%は含まない)と、導電性粉末10～60vol%と(ただし、合計100vol%)を含有してなることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】熱硬化性樹脂40～90 vol%と、導電性粉末10～60 vol%と、（ただし、合計100 vol%）を含有してなることを特徴とする複合誘電体。

【請求項2】熱硬化性樹脂40～90 vol%と、誘電体セラミック粉末50 vol%以下（ただし、0 vol%は含まない）と、導電性粉末10～60 vol%と、（ただし、合計100 vol%）を含有してなることを特徴とする複合誘電体。

【請求項3】請求項1または請求項2に記載の複合誘電体の成形体からなることを特徴とする固体生体ファントム。

【請求項4】請求項1または請求項2に記載の複合誘電体を材質とし、人体形状の少なくとも一部を模した略人型形状を有することを特徴とする請求項3に記載の固体生体ファントム。

【請求項5】前記略人型形状の関節部分が可動することを特徴とする請求項4に記載の固体生体ファントム。

【請求項6】熱硬化性樹脂中に、誘電体セラミック粉末および導電性粉末を混練し、成型型に注型して熱硬化

させることによって部分成形体を得た後、前記部分成形体を組み合わせて所定の形状となすことを特徴とする固体生体ファントムの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複合誘電体、およびマイクロ波帯における疑似人体として用いられる固体生体ファントムに関する。

【0002】

【従来の技術】人体近傍で使用される携帯無線通信機などの電磁波を発する機器の開発、評価においては、電磁波の波長の関係で生体に干渉されやすい場合や、吸収されやすい場合があり、電磁波と人体との相互作用を明らかにしておく必要がある。しかしながら、上記のような電磁波の人体への影響を考慮する場合、実際の人体評価では人体の個体差があるため、定量性が保てず、標準化が困難である。また、長時間の連続測定が不可能であり、人体内部の電磁波の挙動を実際に直接評価することもできない。そこで、疑似人体である生体ファントムを用いて電磁波の人体への影響を推定したり、観察評価したりしている。

【0003】従来より、上記のような生体ファントム材料としては、塩化ナトリウム水溶液、ポリエチレン粉末およびゲル化剤からなる半流動体材料が用いられてきたが、この半流動体材料は、時間経過とともに表面が乾燥したり、内部からの水の分離が生じるといった経時変化があり、カビや細菌が繁殖したり、形状保持のための容器が必要であるなどの問題点があり、扱いが難しい。

【0004】そこで、上記のような問題点を解決すべ

く、フッ素樹脂に炭素粉末と高誘電率系セラミック粉末とを分散させた複合誘電体（従来例1）が特開平4-109508号公報に開示され、その製造方法が特開平4-114631号公報に開示されている。また、ゴムに炭素繊維を分散させた複合誘電体（従来例2）が特開平8-239513号公報に開示されている。このような複合誘電体を用いることにより、疑似人体の固体化を実現し、半流動体材料の場合にみられた問題点を解決している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の複合誘電体および固体生体ファントムには以下のような問題点があった。まず、従来例1の場合について説明する。従来例1は、樹脂として熱可塑性樹脂であるフッ素樹脂を用いており、固体生体ファントムを作製するにあたり、射出成形等により板状ピースに成形する工程と、それらを積層接着してブロック状にする工程と、さらにこのブロックをモデル形状に切削加工する工程とが必要である。したがって、量産性が低く、加工時間が長いうえ、コストがかかるという問題がある。

【0006】次に、従来例2の場合について説明する。従来例2の固体生体ファントムは、ゴムに数重量%の炭素繊維を分散させて、マイクロ波帯で生体相当の高い電気的特性を得ているため、以下のような問題点があった。

（1）電気的特性に炭素繊維の方向が関与するため、固体生体ファントムの電気的特性に異方向が生じる。

（2）炭素繊維をゴムに分散させる際に炭素繊維の破砕が生じるため、分散条件管理が困難である。

（3）1重量%程度の炭素繊維の添加量の差で電気的特性が数倍も変化するため、組成管理が困難である。

【0007】本発明の目的は、量産性が高く、短時間、低コストで固体生体ファントムの製造が可能であり、かつ電気的特性が均一に安定している複合誘電体を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】第1の発明の複合誘電体は、熱硬化性樹脂40～90 vol%と、導電性粉末10～60 vol%と（ただし、合計100 vol%）を含有してなることを特徴とする。

【0009】このような組成にすることによって、マイクロ波帯で人体と同等の誘電特性を有するとともに、常温で固体であるので扱いやすく、電気的特性を均一に安定させることができる。また、マトリクス樹脂に熱硬化性樹脂を用いているので、注型等で成型することができ、容易に、短時間で製造することができ、かつ生産性も高い複合誘電体とすることができる。

【0010】第2の発明の複合誘電体は、熱硬化性樹脂40～90 vol%と、誘電体セラミック粉末50 vol%以下（ただし、0 vol%は含まない）と、導電性粉末10

10

20

30

40

50

～60 vol%と（ただし、合計100 vol%）を含有してなることを特徴とする。

【0011】上記誘電体セラミック粉末を添加しなくても、人体と同程度の誘電特性を持たせることはできるが、このように誘電体セラミック粉末を添加し、その添加量を調整することによって、より微妙な誘電特性の調整が容易に行える複合誘電体とすることができる。

【0012】また、第3の発明の固体生体ファントムは、第1の発明または第2の発明に記載の複合誘電体の成形体からなることを特徴とする。

【0013】このような構成にすることにより、常温で固体の疑似人体として用いることができ、容易に電磁波による人体への影響を測定することができる。

【0014】また、第4の発明の固体生体ファントムは、第1の発明または第2の発明に記載の複合誘電体を材質とし、人体の少なくとも一部を模した略人型形状を有することが好ましい。

【0015】このように測定したい人体の部位を模した形に成形することによって、幾何学的な形状に成形したもの比べ、疑似人体としてより正確なデータを得ることができ

【0016】また、第5の発明の固体生体ファントムは、前記略人型形状の関節部分が可動することが好ましい。

【0017】このような構成にすることにより、固体生体ファントムにある程度自由にポーズをとらせることができ、電磁波を出す機器がどのような形状であっても対応することができるとともに、実際に人間が使用している状態に近似した状態でデータを取ることができる。

【0018】また、第6の発明の固体生体ファントムの製造方法は、熱硬化性樹脂中に、誘電体セラミック粉末および導電性粉末を混練し、成型型に注型して熱硬化させることによって部分成形体を得た後、前記部分成形体を組み合わせて人型形状となすことを特徴とする。

【0019】このような製造方法にすることによって、成形する部分成形体が複雑な形状であっても、容易にかつ短時間で成形することができる。また、固体生体ファントムを分割して成形することにより、部分成形体同士を独立して可動させることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の複合誘電体は、熱硬化性樹脂中に、誘電体セラミック粉末と導電性粉末とを混合してなる。上記複合誘電体は、マイクロ波帯で人体と同程度の誘電特性を有するものである。なお、マイクロ波帯で人体と同程度の誘電特性とは、測定周波数が1 GHzの場合、比誘電率（ $\epsilon_r'$ ）が5～80程度、誘電損失（ $\tan\delta$ ）が0.1～1.0程度のことを指す。

【0021】また、上記熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、シリコーン樹脂等の熱硬化する樹脂であれば特に限定はしない。また、複合誘電体中の

熱硬化性樹脂の含有量は40～90 vol%であるが、好ましくは40～60 vol%である。

【0022】また、上記誘電体セラミック粉末は、一定範囲の誘電率を有するものであればよい。具体的には、チタン酸バリウム系、チタン酸ストロンチウム系、酸化チタン系等が挙げられる。また、誘電体セラミック粉末の添加量は0～50 vol%であるが、好ましくは0～25 vol%である。

【0023】また、上記導電性粉末としては、グラファイトやカーボンブラック等の炭素粉末、金属メッキしたプラスチック粉末、金属粉末等が挙げられる。また、導電性粉末の添加量は10～60 vol%である。なお、誘電体セラミック、導電性粉末ともにその粒径、形状は特に限定しない。

【0024】また、本発明の固体生体ファントムは、上記複合誘電体を成形してなる。その成形方法は、所望の形状が得られるのであれば、特に限定するものではないが、成形の正確さ、容易さ、成形時間等から、注型成形が好ましい。また、固体生体ファントムの形状は、人体の頭、手、腕、胴体の形状を模した部分成形体を組み合わせたものが挙げられるが、それらに類する球状、楕円球状、円柱状、楕円柱状等に成形しても構わない。また、部分成形体を組み合わせる場合には、部分成形体同士を直接嵌合させて保持してもよいし、関節部材を用いて保持してもよい。ただし、関節部材には電磁波への影響が少ない材質のものを使用する必要があり、例えば、ポリカーボネート、ナイロン、アクリル樹脂等のプラスチックが挙げられる。また、上記部分成形体のうち電磁波の測定が不要なものについては、必ずしも上記複合誘電体で構成する必要はない。例えば、上記部分成形体のうち腕にあたる部分をプラスチック製のアームで構成してもよい。次に、本発明の複合誘電体および固体生体ファントムを実施例を用いてさらに具体的に説明する。

【0025】

【実施例】（実施例1）本発明の複合誘電体を以下のようにして作製した。まず、熱硬化性樹脂としてエポキシ樹脂である直鎖脂肪族グリシジルエーテルと、熱硬化性樹脂の硬化剤として環状脂肪族アミンとを用意し、エポキシ樹脂と硬化剤を重量で3：1の割合で混合し、2液混合樹脂とした。

【0026】次に、誘電体セラミック粉末として、1 kHzにおける比誘電率（ $\epsilon_r'$ ）が10000、1 kHzにおける誘電損失（ $\tan\delta$ ）が0.01、平均粒径が2  $\mu\text{m}$ のBaO-CaO-ZrO-MgO-TiO系セラミックを用意した。

【0027】次に、導電性粉末として、電気比抵抗が1500  $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、平均粒径が25  $\mu\text{m}$ の炭素粉末を用意した。

【0028】さらに、2液混合樹脂、誘電体セラミック粉末、導電性粉末を表1に示すような組成比に調合し、

混合物を得た。次に、得られた混合物を真空混練して脱泡し、外径7mmφ、内径3mmφ、長さ5mmの円筒形状のテストピース型に真空注型した後、100℃で2時間加熱し、混合物を硬化させて複合誘電体を得た。

【0029】この複合誘電体の1GHzでの比誘電率( $\epsilon_r'$ )および誘電損失( $\tan\delta$ )を測定した。その結果を表1に示す。なお、表中の「×」は誘電特性が人体の誘電特性に合致しない、もしくは成形できないもの、「△」は比誘電率が5~80、誘電損失が0.1~1.0、\*

\*0を満足し、人体の誘電特性範囲内であるもの、「○」は「△」の中で比誘電率が20~70、誘電損失が0.2~0.8を満足し、十分疑似人体として用いることができるもの、「○○」は「○」の中で比誘電率が40~60、かつ誘電損失が0.3~0.6を満足し、人体の筋肉等の高含水組織の誘電特性に非常に近いものを示す。また、表中の※印は本発明の範囲外を示す。

◎

【表1】

試料番号	複合誘電体の組成			複合誘電体の特性		評価
	硬化性樹脂添加量(vol%)	誘電体セラミック粉末添加量(vol%)	導電性粉末添加量(vol%)	比誘電率( $\epsilon_r'$ ) (1GHz)	誘電損失( $\tan\delta$ ) (1GHz)	
※1	30	15	55	成膜せず		×
2	40	10	50	53	0.55	○○
3	50	10	40	34	0.31	○
4	60	10	30	23	0.27	○
5	70	5	25	20	0.17	△
6	80	5	15	17	0.12	△
7	80	0	10	15	0.10	△
8	50	0	50	50	0.60	○○
9	50	10	40	34	0.31	○
10	50	20	30	27	0.20	○
11	45	30	25	33	0.19	△
12	45	40	15	38	0.14	△
13	40	50	10	45	0.11	△
※14	50	45	5	31	0.09	×
15	50	40	10	29	0.10	△
16	50	30	20	27	0.14	△
17	45	25	30	32	0.23	○
18	45	15	40	35	0.27	○
19	45	5	50	50	0.50	○○
20	40	0	60	60	1.00	△

※印は本発明の範囲外

表1に示すように、本実施例の複合誘電体は、1GHzにおいて、人体組織の誘電特性である比誘電率( $\epsilon_r'$ )が約5~80、誘電損失( $\tan\delta$ )が約0.1~1.0を満たしていることが確認できる。

【0030】ここで、請求項1、請求項2において熱硬化性樹脂、誘電体セラミック粉末、導電性粉末の含有量を限定した理由を説明する。

【0031】請求項1において、熱硬化性樹脂の含有量を40vol%以上としたのは、試料番号1のように、熱硬化性樹脂の含有量が40vol%より少ない場合には、複合誘電体が成形できないからである。

【0032】また、請求項1において、導電性粉末の含有量を10vol%以上としたのは、試料番号14のように、導電性粉末の含有量が10vol%より少ない場合には、誘電損失( $\tan\delta$ )が0.1より小さくなり好ましくないからである。

【0033】また、請求項1または請求項2において、熱硬化性樹脂、誘電体セラミック粉末、導電性粉末のそれぞれの上限を設けたのは、その上限値を超えて含有させた場合は、熱硬化性樹脂もしくは導電性粉末の含有量が下限値に満たないため、上記のような複合誘電体が成形できなかったり、誘電損失( $\tan\delta$ )が低下したりという不具合が生じるからである。

(実施例2) 実施例1の試料番号19の複合誘電体を用

いて、図1、図2のように、人体の頭部、肩部、胸部、上腕部、下腕部、手首部、手部を模した形状となるような成形型に真空注型し、熱硬化させた。冷却後、複合誘電体を型から取り出して、頭部5a、肩部5b、胸部5c、上腕部5d、下腕部5d、からなる腕部5d、手首部5e、手部5fの部分成形体を得た。この部分成形体をプラスチックを材質とする関節部材7を介して、各関節部で可動するように組み合わせ、プラスチックからなる設置台8に設置して固体生体ファントム1を作製した。

【0034】本実施例の固体生体ファントム1は、無線携帯通信機の発する電磁波の影響を測定するためのものである。

【0035】また、本実施例では、固体生体ファントム1に用いる複合誘電体3を1種類としたが、実際の人体の各部に対応するように、異なる比誘電率、誘電損失を持つ複合誘電体で構成するようにしてもよい。なお、本発明の固体生体ファントムにおける可動箇所は、必ずしも本実施例のようにしなくてもよい。例えば、上腕部5d、と下腕部5d、とを一体成形としてもよいし、腕部5dと手首部5eとを一体成形としてもよい。

(実施例3) 実施例1の試料番号19の複合誘電体を用いて、図3のように、人体の頭部、肩部、胸部、手部を模した形状となるような成形型に真空注型し、熱硬化させた。冷却後、複合誘電体を型から取り出して、頭部5

a、肩部5b、胸部5c、手部5fの部分成形体を得た。この部分成形体を組み合わせ、プラスチックからなる設置台8に設置して固体生体ファントム1を作製した。なお、手部5fは、2本のプラスチック製のアーム10を介して設置台8に取り付けられている。この2本のアーム10は、保持部材10aによって保持され、アーム10同士の角度を自在に調整することができる。従って、アーム10の先端に設けられた手部5fの位置調整が容易に、かつ広範囲に行うことができる。

【0036】ここで、本発明の固体生体ファントムを用いた電磁波の測定方法を説明する。まず、人体近傍で使用される携帯無線通信機から発生する電磁波の人体による遮蔽、吸収、散乱等の影響を考慮したアンテナ放射特性を評価する場合には、図4に示すように、電波暗室11内で、固体ファントム1近傍に実際に人が使用するような状態に携帯無線通信機9を設置し、固体生体ファントム1周辺での携帯無線通信機9から発信した電界強度を受信アンテナ13で受信し、アンプ17を介して、スペクトラムアナライザ19によってアンテナ放射特性を測定する。

【0037】また、人体近傍で使用される携帯無線通信機から発生される電磁波の人体への影響評価指標としてのSAR (Specific Absorption Rate: 比吸収率) を測定する場合は、図5に示すように、固体生体ファントム1近傍に実際に人が使用するような状態に携帯無線通信機9を設置し、固体生体ファントム1内部に穴を開けて測定センサ15を挿入して固体生体ファントム1の内部から電磁波を受信し、アンプ17を介して、スペクトラムアナライザ19で直接電界強度を測定する。

【0038】また、人体近傍で使用される携帯無線通信機から発生される電磁波の人体への影響評価指標としてのSARを測定する場合には、縦方向に2分割した固体生体ファントム近傍より一定強度、一定時間電磁波を照射し、直後に固体生体ファントムを2分割して、その断面の温度上昇をサーモグラフで測定する方法もある。

【0039】

【発明の効果】本発明の複合誘電体は、熱硬化性樹脂40～90vol%と、導電性粉末10～60vol%と（ただし、合計100vol%）を含有してなるので、マイクロ波帯で人体と同等の誘電特性を有するとともに、常温で固体であるので扱いやすく、電気的特性を均一に安定させることができる。また、マトリクス樹脂に熱硬化性樹脂を用いているので、注型等で成型することができ、容易に、短時間で製造することができ、かつ生産性も高い複合誘電体とすることができる。

【0040】また、熱硬化性樹脂40～90vol%と、誘電体セラミック粉末50vol%以下（ただし、0vol%は含まない）と、導電性粉末10～60vol%と（ただし、合計100vol%）を含有してなるので、その電気的特性の調整を容易に行うことができる。

【0041】また、固体生体ファントムは、本発明の複合誘電体の成形体からなるので、常温で固体の疑似人体として用いることができ、容易に電磁波による人体への影響を測定することができる。

【0042】また、本発明の複合誘電体を材質とし、人体の少なくとも一部を模した略人型形状を有しているので、幾何学的な形状に成形したものに比べ、測定したい部位の疑似人体としてより正確なデータを得ることができる。

【0043】また、略人型形状の関節部分が少なくとも1箇所可動するので、固体生体ファントムにある程度自由にポーズをとらせることができ、電磁波を出す機器がどのような形状であっても対応することができるのと同時に、実際に人間が使用している状態に近似した状態でデータを取ることができる。

【0044】また、本発明の固体生体ファントムの製造方法は、熱硬化性樹脂中に、誘電体セラミック粉末および導電性粉末を混練し、成型型に注型して熱硬化させることによって部分成形体を得た後、前記部分成形体を組み合わせて人型形状となすので、成形する部分成形体が複雑な形状であっても、容易にかつ短時間で成形することができる。また、固体生体ファントムを分割して成形することにより、部分成形体同士を独立して可動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である固体生体ファントムの正面図。

【図2】本発明の一実施例である固体生体ファントムの側面図。

【図3】本発明の他の実施例である固体生体ファントムの正面図。

【図4】アンテナ放射特性の測定方法を示す説明図。

【図5】SARの測定方法を示す説明図。

【符号の説明】

1	固体生体ファントム
3	複合誘電体
5	部分成形体
5 a	頭部
5 b	肩部
5 c	胸部
5 d	腕部
5 e	手首部
5 f	手部
7	関節部材
8	設置台
9	無線携帯通信機
10	アーム
10 a	保持部材
11	電波暗室
13	受信アンテナ

(6)

特開2000-82333

10

スペクトラムアナライザ

9

測定センサ  
アンプ

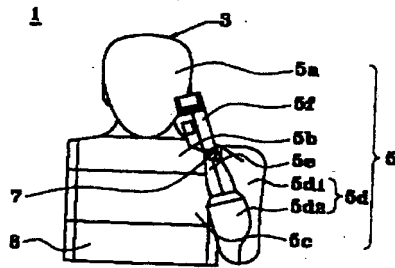
\* 19

\*

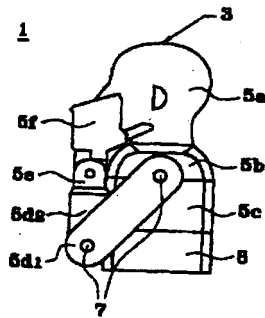
15

17

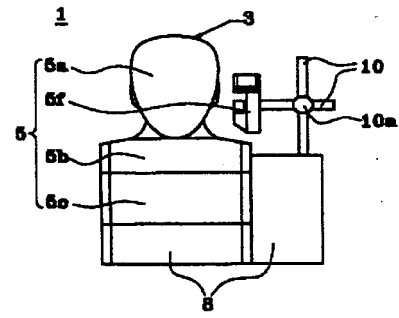
【図1】



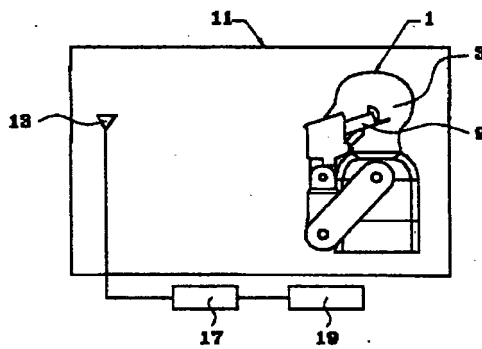
【図2】



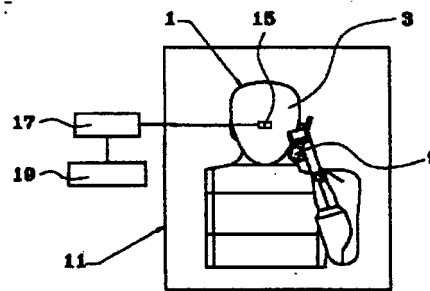
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 樋口 之雄  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72)発明者 大嶋 敏也  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内